

поновлення  $k_n = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ , енергія втрачених швид-

костей  $T_* = \frac{1+k_n}{1-k_n}(T_0 - T)$ , коефіцієнт передачі

енергії  $\eta = T'/T_0$ , де  $T_0$  і  $T$  – сумарна кінетична енергія секцій 2, 3, 4 до і після удару відповідно,  $T'$  – кінетична енергія прихопленої компоновки (секцій 3, 4) після удару.

Розроблена модель дозволяє оцінити вплив основних параметрів аварійної компоновки (сили розрядки замкової пари, довжини вільного ходу ударної пари, маси молота і т.п.) на характеристики досліджуваного процесу, визначити статичні і динамічні сили, що виникають у доволіному перерізі труб аварійної чи прихопленої компоновки, розробити рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів розглядуваної механічної системи.

лінійних стабілізаторів і в даний час – це самостійний напрямок мікроелектроніки, що швидко розвивається.

### Література

1. Мойсшин В.М., Кулинин З.В. Динаміка бурильної колони при ліквідації прихоплень ударним способом (частина 1) // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – № 4(9). – С. 10-18.
2. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
3. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. – М.: Наука, 1977. – 224 с.
4. Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. – К.: Наукова думка, 1976. – 320 с.
5. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / Пер. с англ. – М.: Наука, 1967. – 444 с.

УДК 621.375.(03)

## СИСТЕМИ ІМПУЛЬСНОГО ЖИВЛЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ВАЖКИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Л.М.Заміховський, М.Я.Николайчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48000

e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Предложены методы организации и схемотехнические решения систем импульсного питания исполнительных устройств для объектов нефтегазовой промышленности с тяжелыми условиями эксплуатации на базе интегральных контроллеров питания РЭА с широтно-импульсной модуляцией. Исследованы различные конфигурации и параметры данных систем и даны рекомендации по их применению.*

*The building methods and schematic solutions for pulse power supplies of actuating mechanisms for oil and gas industry with hard service conditions using integrated power supply controllers with pulse-width modulation are offered. Various configurations and parameters of these systems are investigated and recommendations about application of these are given.*

До останнього часу на об'єктах нафтогазової галузі використовувалися системи живлення, побудовані на морально застарілій елементній базі, що призводило до частих відмов і відповідно до зниження надійності як засобів автоматизації, так і об'єктів контролю і управління загалом. Враховуючи важкі умови експлуатації об'єктів нафтогазової галузі, в статті розглядається можливість використання новітніх систем живлення для вказаних об'єктів, виходячи з характеристик умов їх експлуатації і вимог до надійності і ефективності систем живлення засобів автоматизації.

Основою сучасних імпульсних систем живлення є спеціалізовані інтегральні схеми (ІС) – контролери, які використовують принцип широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) для стабілізації вихідної напруги, струму чи потужності, а також забезпечують захист у разі виходу параметрів за межі номінальних. ІС для імпульсних джерел живлення (ІДЖ) розвинулися на базі

**Характеристика умов експлуатації.** Дослідження умов експлуатації засобів автоматизації на об'єктах нафтогазовидобувного та переробного комплексів [1], засвідчує, що до важких умов експлуатації можна віднести:

- широкий діапазон температур середовища (від -40°C до +85°C);
- нестабільність напруг живлення, що підводяться до об'єктів, внаслідок частих перевантажень промислових мереж;
- великі пікові викиди напруги під час комутації високострумів реактивних навантажень (до 600 В);
- обмеження величини діючого значення напруги живлення під час експлуатації засобів автоматизації у вибухонебезпечних зонах на рівні до 24 В;
- втрати у підвідних низьковольтних мережах ставлять вимоги до ККД перетворювачів потужності на рівні 85% і більше;
- широкий діапазон споживаних потужностей (застосування виконавчих пристроїв з різними режимами роботи і відповідно з багатьма режимами щодо потужності)

Таким чином, для вирішення завдань забезпечення надійного живлення засобів автоматизації у важких умовах експлуатації необхідно:

- проаналізувати методи модуляції, що використовуються в ІДЖ, організацію контура зворотного зв'язку та додаткові функції ІС ІДЖ;
- дослідити умови та особливості експлуатації;
- розробити структурні, функціональні та принципові рішення ІДЖ;
- дослідити можливість використання різних конфігурацій та режимів роботи ІДЖ стосовно конкретних об'єктів автоматизації.

Окремі із поставлених завдань розглянуті в [1].

**Методи модуляції ІДЖ.** Для здійснення процесу стабілізації ІДЖ використовують різні методи модуляції для керування силовим ключовим елементом (МОН транзистором):

- широтно-імпульсна модуляція — ШІМ (PWM – Pulse Width Modulation), за якої частота проходження імпульсів незмінна, а змінюється тривалість імпульсу керування ключем;
- частотно-імпульсна модуляція — ЧІМ (VFM – Variety Frequency Modulation), коли змінюється частота імпульсів керування, а постійною залишається тривалість імпульсу чи паузи відповідно відкритого (On-Time) чи закритого (Off-Time) стану ключа;
- частотно-широтна модуляція — ЧШІМ (PFM – Pulse Frequency Modulation) – алгоритм керування, за якого змінюються два параметри – частота і тривалість імпульсів керування.

ШІМ використовують на середньому і великому навантаженні, а ЧШІМ – на малому. ЧШІМ називають також режимом з перериванням або з пропуском імпульсів керування [2].

**Організація контура зворотного зв'язку ІДЖ.** Імпульсні системи живлення відрізняються типом зворотного зв'язку:

- зворотний зв'язок через напругу (voltage mode 1) — контролюється миттєве значення вихідної напруги, і комутація силового ключа відбуваються внаслідок досягнення контрольованою величиною заданих верхнього і нижнього рівнів (алгоритм двопозиційного або релейного керування);
- зворотний зв'язок через напругу (voltage mode 2) — контролюється миттєве значення вихідної напруги тільки по одному рівню (наприклад верхньому), а комутація ключа здійснюється з фіксованою частотою від генератора тактових імпульсів (ГТІ) (алгоритм однопозиційного керування).

Значно підвищити точність стабілізації дозволяють системи з компенсаційним керуванням, що використовують принцип підсилення сигналу розузгодження та контролю усередненого значення вихідної напруги. При цьому напруга зворотного зв'язку подається на підсилювач помилки з великим коефіцієнтом підсилення, що потребує частотної корекції. Відповідно, погіршуються швидкодія і динамічні параметри схеми керування.

Для забезпечення високої швидкодії необхідним є додатковий швидкодіючий контур зворотного зв'язку. Так, за струмового методу керування вводиться додатковий зворотний зв'язок через струм. При цьому як джерело пилкоподібної напруги використовується струм через індуктивний елемент схеми.

Фірма “Cherry” запропонувала свій оригінальний метод ( $V^2$ -керування), де джерелом пилкоподібної напруги є вихідна напруга до її фільтрації, тобто введений другий швидкодіючий контур зворотного зв'язку через напругу.  $V^2$ -керування дає змогу отримати швидку реакцію на зміну як вхідної напруги, так і струму навантаження і застосовується в ІДЖ сучасних мікропроцесорів.

**Додаткові функції ІС імпульсних джерел живлення.** Сучасні мікросхеми містять функціональні блоки, що забезпечують захист і надійну роботу контролерів імпульсного живлення:

- схема захисту від пониженої вхідної напруги (UVLO – Under Voltage LockOut). Внаслідок зниженої вхідної напруги збільшується середнє значення вхідного струму, а, відповідно, температура і втрати у вихідному транзисторі і трансформаторі;
- схема захисту від перенапруги (OVP – Over Voltage Protection). Блок містить пороговий пристрій, що визначає аварійне перевищення вхідної напруги;
- схема захисту від короткого замикання через вихід (SCP – Short Circuit Protection). Коротке замикання через вихід характеризується великою крутизною наростання струму і великими тепловими втратами в напівпровідникових приладах. Схема захисту, як правило, робить кілька спроб перезапуску схеми через фіксовані інтервали часу, після чого мікросхема переходить на режим “очікування” – (Standby) і для її запуску необхідним є зовнішній вплив (зняття і подавання живлення);

– схема захисту від перевантаження через струм (OCP – Over Current Protection). Цей захист допускає не надто великі відхилення від робочого діапазону струму. Схема захисту обмежує струм ключа, зменшуючи робочий цикл, при цьому вплив може відбуватися на будь-який блок у колі зворотного зв'язку;

– схема захисту від перегрівання (TSD – Thermal ShutDown). Причинами перегрівання можуть бути: підвищення температури середовища, збільшення втрат в елементах, погіршення тепловідводу. Робота контролера блокується до відновлення допустимої температури, а дана функція має гістерезисну характеристику;

– схема “м'якого пуску” (SS – Soft Start). Під час вмикання живлення вихідна ємність схеми не заряджена і імпульсний стабілізатор практично працює на коротко замкнуте навантаження. Для запобігання небажаних перевантажень вихідна напруга схеми повинна нарастати поступово, що і забезпечує схема “м'якого пуску”. Постійна часу даного режиму встановлюється зовнішнім конденсатором, ввімкненим у коло зворотного зв'язку;

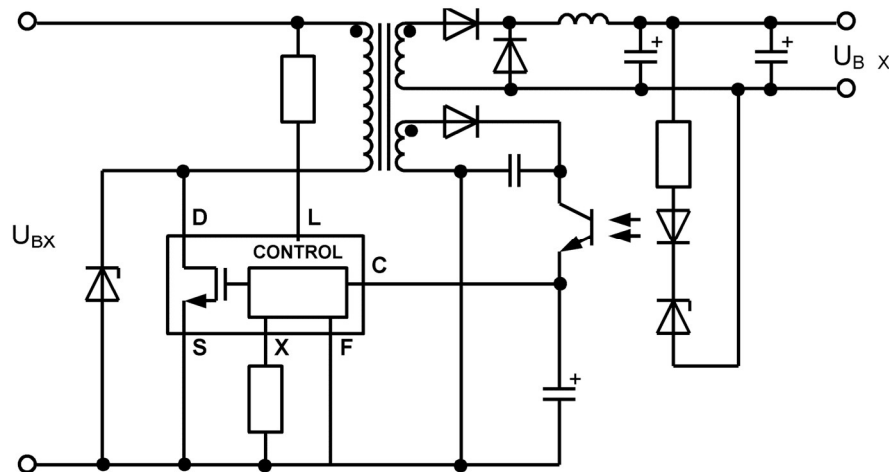


Рисунок 1 — Функціональна схема перетворювача потужності на основі інтегрального контролера DPA-Switch

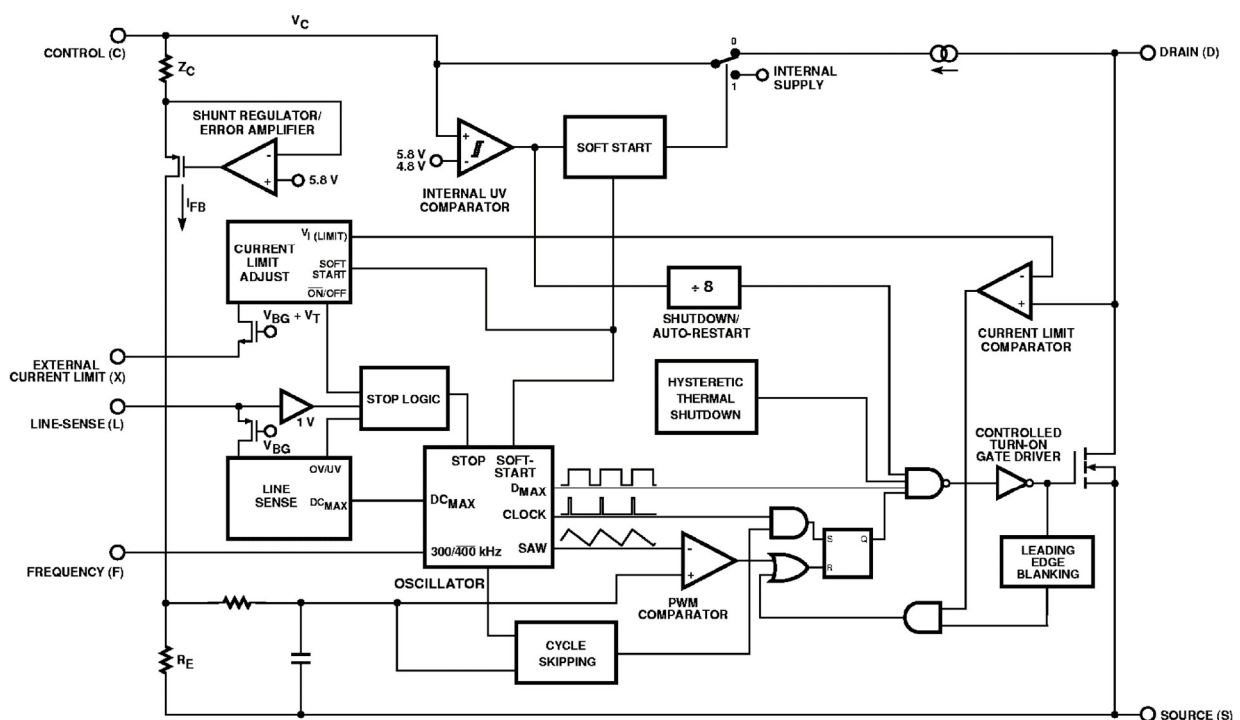


Рисунок 2 — Функціональна схема контролера DPA-Switch

— схема маскуванню переднього фронту імпульсу керування (LEB – Leading Edge Blanking). Ключовий МОН-транзистор має велику вхідну ємність. Під час його комутації через драйвер ключа протікає великий імпульсний струм тривалістю до декількох десятків наносекунд. На цей час доцільно вимикати схему захисту від перевантаження через струм, що і робить схема LEB.

Усі перераховані характеристики ІС для побудови імпульсних систем живлення дають змогу застосовувати дані ІС для живлення територіально розподілених об'єктів. Особливо ефективно вирішується завдання забезпечення надійного живлення виконавчих пристроїв та РЕА у важких умовах експлуатації.

**Особливості архітектури перетворювачів потужності.** На рис. 1 зображено функціональну схему перетворювача потужності на основі контролера типу DPA-Switch фірми “Power Integration”, який відповідає всім сформульованим вище вимогам і може працювати на низьковольтних силових мережах у діапазоні (від 16 В до 75 В).

**Функціональне призначення відводів DPA-Switch.** На рис. 2 зображено функціональну схему інтегрального контролера DPA-Switch фірми “Power Integration” [3].

Контролер має шість функціональних відводів, які в різних конфігураціях призначені для виконання різних функцій [4].

1) СТИК (DRAIN) – високовольтний силовий відвід МОН-транзистора. Через даний від-

від здійснюється живлення самого контролера і обмеження максимального струму через МОН-транзистор.

2) КОНТРОЛЬ (CONTROL) – відвід зворотного зв'язку підсилювача помилки розузгодження для керування робочим циклом. Використовується також для блокування роботи контролера та під'єднання конденсатора авторестарту/компенсації.

3) ЛІНІЙНА ЧУТЛИВІСТЬ (LINE-SENSE) – даний відвід призначений для керування такими режимами, як перенапруга через вхід (OV), знижена напруга на вході (UV), зовнішнє обмеження максимального робочого циклу ( $DC_{MAX}$ ), дистанційне вмикання та синхронізація контролера. У під'єднанні даного відводу до відводу ДЖЕРЕЛО (SOURCE) всі перераховані функції деактивуються.

4) ЗОВНІШНЄ ОБМЕЖЕННЯ СТРУМУ (EXTERNAL CURRENT LIMIT) – відвід для задавання параметрів зовнішнього обмеження струму МОН-транзистора.

5) ЧАСТОТА (FREQUENCY) – призначений для задавання частоти комутації МОН-транзистора (400 КГц у під'єднанні до відводу SOURCE і 300 КГц у під'єднанні до відводу CONTROL).

6) ДЖЕРЕЛО (SOURCE) – є витокотом МОН-транзистора контролера і замикає коло первинної обмотки імпульсного трансформатора.

Результати дослідження різних конфігурацій включення та режимів роботи контролера

вищує тривалість механічного буріння в 3-3,5 рази [1].

Перспективним напрямком удосконалення спуско-піднімальних операцій є автоматизація ІДЖ класу DPA-Switch вказують на можливість побудови на їх основі імпульсних систем живлення засобів автоматизації для важких умов експлуатації. Особливою перевагою даних систем є інтегрований на одному кристалі разом з контролером силовий МОН-транзистор для комутації первинної обмотки імпульсного трансформатора, що зменшує кількість зовнішніх компонентів системи живлення, забезпечує електромагнітну сумісність, а також підвищує ефективність та надійність усієї системи імпульсного живлення.

### Література

1. Заміховський Л.М., Николайчук М.Я. Досвід промислового впровадження та діагностики комп'ютерної системи вимірювання рівня СВР-2 // Праці Третьої української конф. з автоматичного керування (Автоматика – 96). – Севастополь, 1996. – Том 1. – С. 174.
2. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. Издание 2-е. – М.: ДОДЭКА, 2000. – 608 с.
3. <http://www.Powerint.com>. - Design Accelerator Kit (DAK-21) – DPA-Switch.
4. Ashok Bindra. CMOS DC-DC controller tackles high voltages. // Electronic Design. – June 24, 2002. – P. 43-46.

УДК 622.242

## ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМ БУРОВИХ ЛЕБІДОК

С.І.Криштона, Л.І.Криштона

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42464

e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Представлено перспективное направление повышения эффективности буровых установок за счет автоматизации процессов торможения буровых лебедок на основе широкого внедрения электронных и компьютерных технологий. Выполнена постановка задачи и сформулированы основные принципы построения автоматизированных тормозных систем. Основой предложенного подхода является комплексное применение электронных устройств для оптимизации процесса торможения при выполнении спуско-подъемных операций.*

Автоматизація спуско-піднімальних операцій з метою мінімізації витрат часу на проведення вказаних робіт є важливим народногосподарським завданням. Це пов'язано з тим, що для існуючого рівня техніки і технологій буріння тривалість спуско-піднімальних робіт складає більшу частину від загального календарного часу, а для глибоких свердловин пере-

*The perspective direction of rise of efficiency of drill units is represented at the expense of automation of processes of braking of drilling hoists on the basis of wide implantation of electronic and computer technologies. The setting of the task is fulfilled and the principles of constructing of the automatized brake assemblies are formulated. A ground of the proposed approach is the complex application of electronic devices for optimization of the process of braking at execution of elevation.*

процесів гальмування на основі широкого впровадження електричних, електронних систем і комп'ютерних технологій, бурхливий розвиток яких спостерігається останнім часом. Це пов'язано з тим, що людина при ручному керуванні процесом гальмування апіорі не здатна забезпечити оптимальність цього процесу через дію різних чинників. Для порівняння на рис. 1